

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



PCT/EP00/01859

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP00/1859

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



14/8  
E.J.U.

REC'D	6 JUL 2000
WIPO	PCT

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 199 40 164.0

**Anmeldetag:** 25. August 1999

**Anmelder/Inhaber:** Institut für Mikrostrukturtechnologie und Opto-  
elektronik (IMO) eV, Wetzlar/DE

**Bezeichnung:** Anordnung zum Schreiben von magnetischen Maß-  
stäben

**Priorität:** 06.03.1999 DE 199 09 889.1

**IPC:** H 01 F, H 03 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 29. Juni 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hoitz



## Anordnung zum Schreiben von magnetischen Maßstäben



### Zusammenfassung

Es wird eine Anordnung zur Impulsmagnetisierung von hochgenauen magnetischen Maßstäben beschrieben, die aus einem geformten Stromleiter und einer Impulstromquelle, die aus einer Kondensatorenbatterie, einem Umschalter und einer Steuereinheit zusammengesetzt ist, besteht. Der kompakte Aufbau der Anordnung ist Voraussetzung für einen so niederohmigen Stromkreis, daß die erforderlichen hohen Impulsströme bei Versorgungsspannungen unter 60 V erhalten werden. Der Umschalter ist eine H-Brücke mit vier Schaltern, die je gleich viele parallel geschaltete MOS-Transistoren enthalten. Die mit den MOS-Transistoren möglichen kurzen Impulszeiten machen den Einsatz geformter Stromleiter möglich, mit denen magnetisierte Bereiche mit hoher Genauigkeit hergestellt werden können. Die mit der Anordnung mögliche Einsparung an Masse, elektrischer Energie und Zeit liegt jeweils bei einem Faktor 100.

## Anordnung zum Schreiben von magnetischen Maßstäben

### Erfindungsbeschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zum als Schreiben bezeichneten, in zeitlicher Reihenfolge erfolgenden abschnittswisen Magnetisieren von magnetischen Maßstäben. Magnetische Maßstäbe werden für die Längen-, Winkel- und Positionsbestimmung benötigt. Sie können mit in periodischer Wiederholung vorhandenen Teilungen oder abschnittsweise entsprechend unterschiedlicher Codes in entgegengesetzter Richtung magnetisiert sein. Magnetische Maßstäbe können linear oder kreisförmig sein oder auch beliebige andere Formen aufweisen. Sie können vollständig aus hartmagnetischem Material bestehen oder aus hartmagnetischem Material, das sich auf einem weichmagnetischen oder nichtmagnetischen Träger befindet. Die Oberfläche kann durch eine Abdeckschicht geschützt sein.

Anordnungen zum Schreiben magnetischer Maßstäbe nach zwei unterschiedlichen Prinzipien sind bekannt. Bei dem ersten Prinzip (z. B. Offenlegungsschrift DE 41 08 923 A1) wird ein elektrischer Leiter so geformt und in die unmittelbare Nähe des magnetischen Maßstabes gebracht, daß ein durch ihn fließender Impulsstrom ein Magnetfeld erzeugt, daß sich über den ganzen Maßstab oder wenigstens einen erheblichen Abschnitt davon erstreckt und eine solche räumliche Verteilung und Stärke hat, daß dadurch die Magnetisierung in Form des vorgesehenen magnetischen Musters eingestellt wird. Nachteilig bei dieser Methode der Magnetisierung magnetischer Maßstäbe ist es, daß an die Position der Teile des geformten elektrischen Leiters äußerst hohe Genauigkeitsforderungen gestellt werden müssen, die über die Genauigkeitsanforderungen an den magnetischen Maßstab hinausgehen, da die Übertragung des vorgesehenen magnetischen Musters nicht ohne Fehler möglich ist. Der geformte elektrische Leiter ist das Produkt einer mechanischen Fertigung, so daß Positionsfehler des damit hergestellten Maßstabes im Bereich weniger Mikrometer nicht erreicht werden.

Erfolgt die Magnetisierung des Maßstabes in Abschnitten, die mehrere Bereiche unterschiedlich einzustellender Magnetisierung enthalten, so besteht ein zusätzliches Genauigkeitsproblem an den Schnittstellen je zweier nacheinander magnetisierter Abschnitte. Die mangelhafte Genauigkeit ergibt sich dabei weniger aus dem Fehler der gemessenen Positionen des geformten elektrischen Leiters als daraus, daß magnetische Felder mit einer Stärke, die über die Koerzitivfeldstärke des Maßstabsmaterials hinausgehen, auch noch außerhalb des Abschnittes entstehen, den der elektrische Leiter einnimmt. So wird der Maßstab auch hier magnetisiert. Da die sich im Maßstabsmaterial schließlich einstellende Magnetisierungsrichtung wegen der magnetischen Hysterese von der Vorgeschichte abhängig ist, bilden sich an den Schnittstellen so Bereiche fehlerhafter Magnetisierung aus, die dann die Genauigkeit des magnetischen Maßstabes begrenzen.

5

Weitere Nachteile dieses Prinzips ergeben sich aus dem Aufbau der Impulsstromquellen (z. B. Offenlegungsschrift, DE 34 21 575 A1) solcher Magnetisierungsvorrichtungen. Diese Impulsstromquellen liefern Stromamplituden bis etwa 30 kA, werden mit Hochspannung betrieben, haben Massen von mehr als 50 kg und verursachen einen relativ hohen Aufwand. Wegen der Hochspannung müssen relativ starre Zuleitungen zwischen Impulsstromquelle und dem geformten elektrischen Leiter verwendet werden. Diese Zuleitungen erschweren die genaue Positionierung, weil sie Kräfte und Vibrationen auf den geformten elektrischen Leiter übertragen. Diese werden vor allem auch durch den starken Stromimpuls zum Magnetisieren erzeugt, der bei 30 kA kurzzeitig erhebliche Kräfte entwickelt.

Das zweite Prinzip zum Schreiben magnetischer Maßstäbe wird in der Patentschrift DE 44 42 682 dargestellt. Hier besteht ein Schreibkopf aus ein oder zwei durch einen schmalen Spalt getrennte Magnetpole, die von mindestens einer Spule umgeben sind. Die weichmagnetischen Magnetpole können durch einen Strom durch die Spule bis zur Sättigung magnetisiert werden. Dazu sind Ströme von weniger als 1 A ausreichend, da die Windungszahl der Spule entsprechend angepaßt werden kann. Am Ende der einpoligen Anordnung oder in der Nähe des Spaltes der zweipoligen Anordnung treten dann magnetische Feldstärken auf, die zur Magnetisierung des Maßstabsmaterials ausreichend sind. Im Falle der zweipoligen Anordnung wird der Spalt direkt über dem zu magnetisierenden Maßstab geführt. Das Magnetfeld tritt hier auf der einen Seite des Spaltes aus dem weichmagnetischen Material aus und auf der anderen Seite des Spaltes wieder ein. In dem Bereich des Maßstabes, in dem die Feldstärke des ausgetretenen Magnetfeldes oberhalb der Koerzitivfeldstärke des Maßstabsmaterials liegt, wird eine Magnetisierung des Maßstabes in die Richtung des jeweils vorhandenen Magnetfeldes erfolgen. Diese ist aber auf beiden Seiten des Spaltes entgegengesetzt. Beim Fortschreiten der Position des Schreibkopfes muß deshalb stets eine Umagnetisierung eines bereits magnetisierten Bereiches vorgenommen werden. Das ist deshalb nachteilig, weil die Größe des schließlich in einer bestimmten Richtung magnetisierten Bereiches von der durch den Schreibkopf erzeugten und auch von der durch das bereits aufmagnetisierte Maßstabsmaterial hervorgerufenen Feldstärke bestimmt wird. Dadurch werden die Fehler von zwei Magnetisierungsvorgängen addiert. Diese fallen auch deshalb nicht besonders klein aus, weil die magnetische Feldstärke, die aus dem Schreibkopf austritt, mit zunehmendem Abstand vom Spalt und von den weichmagnetischen Polen mit relativ geringem Gradienten abnimmt. So wirken sich geringe Abstandsschwankungen schließlich in wesentlichen Längendifferenzen der magnetisierten Bereiche aus. Am günstigsten scheint noch der Betriebsfall zu sein, bei dem der Schreibkopf die Maßstabsoberfläche direkt berührt. Das ist jedoch für eine hohe Genauigkeit des Maßstabes wegen der unterschiedlichen Reibungskräfte bei der Bewegung des Schreibkopfes gegenüber dem Maßstab, die zu Fehlern der eingestellten Position führen, auch nicht optimal.

Wenn bei einem kreisförmigen Maßstab über volle  $360^\circ$  abwechselnd gleich lange Pole mit entgegengesetzt gerichteter Magnetisierung hergestellt werden sollen, treten bei Verwendung eines Schreibkopfes mit Spalt durch die entgegengesetzte Feldrichtung auf beiden Seiten des Spaltes in jedem Fall Schwierigkeiten auf, wenn die anfänglich magnetisierten Bereiche nach der Drehung des kreisförmigen Maßstabs um etwa  $360^\circ$  wieder erreicht wird. Diese Stoßstelle ist dann immer mit einem großen Fehler in der Lage der Bereiche der Magnetisierung behaftet.

Die Verwendung eines einzigen Magnetpoles mit Spule bringt zwar eine Verbesserung der Feldverteilung, denn die senkrecht aus der Fläche des Poles austretende Magnetfeldkomponente hat nur in der Mitte dieser Fläche ein absolutes Maximum. Wegen der relativ geringen Abnahme der magnetischen Feldstärke quer zur Feldrichtung und einer stärkeren Abnahme mit dem Abstand von der Fläche des Poles ist auch hier der Abstand zwischen Fläche des Poles und der Maßstabsoberfläche äußerst genau einzuhalten. Nötige Ummagnetisierungsvorgänge nahe des Randes der zu erzeugenden Bereiche konstanter Magnetisierung können nicht ausgeschlossen werden. Die Nachteile in der Einhaltung der vorgesehenen Position bei der praktisch bevorzugten berührenden Arbeitsweise sind auch hier vorhanden.

Ein weiterer Nachteil bei der Einhaltung einer genauen Position des Schreibkopfes gegenüber dem Maßstab bei Verwendung von weichmagnetischen, durch Strom in einer Spule aufmagnetisierten Magnetpolen ist dadurch gegeben, daß Kräfte zwischen den Magnetpolen und dem bereits magnetisierten Bereichen des Maßstabes existieren, die wegen der notwendigen geringen Abstände von erheblichem Betrag sind.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, eine Anordnung anzugeben, die zum Schreiben magnetischer Maßstäbe bei hoher Genauigkeit der Abmessungen der magnetisierten Bereiche und bei hoher Wiederholgenauigkeit der Magnetisierung innerhalb der magnetisierten Bereiche geeignet ist.

Die Lösung dieser Aufgabe ist durch die im Hauptanspruch beschriebene Anordnung gegeben, und vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Anordnung zum Schreiben von magnetischen Maßstäben besteht aus einem geformten Stromleiter zur Magnetfelderzeugung am Ort des Maßstabes und einer aus einer Kondensatorbatterie, einem Umschalter und einer Steuereinheit zusammengesetzten Impulsstromquelle für beide Stromrichtungen. Alle Komponenten sind in einer kompakten Einheit integriert. Durch den kompakten Aufbau ist der gesamte Stromweg von der Kondensatorbatterie bis zum geformten Stromleiter äußerst kurz. Alle Komponenten und die Verbindungsleitungen sind in fester Lage zueinander montiert, so daß Kräfte, die die Position des geformten Stromleiters zum zu magnetisierenden Maßstab verändern könnten, wirkungslos bleiben. Der kurze Stromweg und ein großer Querschnitt der Leitungen zwischen Kondensatorbatterie und geformten Stromleiter garantieren einen geringen Widerstand im gesamten

Stromkreis. Deshalb ist eine Betriebsspannung im Niederspannungsbereich ausreichend zur Erzeugung der für die Magnetisierung nötigen hohen Stromstärke.

Ein geringer Querschnitt, der ausschließlich direkt auf den geformten Stromleiter, der der Magnetfelderzeugung dient, begrenzt ist, führt wegen der geringen Länge des geformten Stromleiters nicht zu strombegrenzendem Widerstand, ist aber Voraussetzung dafür, daß der Mittelpunkt des geformten Stromleiters sehr nahe an der Oberfläche des Maßstabes positioniert werden kann. So ist die Erzeugung hoher Magnetfeldstärken im Maßstabsmaterial gewährleistet.

Da die Abmessungen des geformten Stromleiters an die Abmessungen der zu magnetisierenden Bereiche angepaßt sind, wird durch den Strom im geformten Stromleiter immer eine solche Magnetfeldverteilung erzeugt, daß zwei- oder mehrmaliges Ummagnetisieren des Maßstabsmaterials ausgeschlossen wird. Für das Schreiben von Maßstäben mit periodischer Magnetisierung, bei denen die Pollänge wesentlich kleiner ist als die Spurbreite, werden haarnadelförmige Stromleiter benutzt, deren Leiterabstand wesentlich größer ist als der Drahtdurchmesser. Die Feldstärke der senkrecht auf die Maßstabsoberfläche wirkenden Feldkomponente ist im Bereich zwischen den Mittelpunkten der beiden Drähte maximal. Etwa unterhalb der Mittelpunkte tritt ein äußerst starker Feldgradient auf, denn hier ändert die senkrechte Feldkomponente ihr Vorzeichen. Durch einen Stromimpuls durch diesen haarnadelförmig geformten Stromleiter wird also der Maßstab in dem Bereich, der sich unterhalb der Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkten der Drähte befindet, in der einen und unmittelbar angrenzend in die andere Richtung magnetisiert. Stimmt wie vorgesehen die Länge des Bereiches unter der Verbindungslinie der Mittelpunkte der Drähte mit der Pollänge überein, dann ist eine Änderung der einmal eingestellten Magnetisierungsrichtung im Maßstabsmaterial nicht erforderlich. Es gibt nur Magnetisierungsvorgänge mit gleicher Magnetisierungsrichtung für jeden Bereich des Maßstabes. Dadurch und durch den hohen Feldgradienten wird eine hohe Genauigkeit der Länge und der Feldstärke der Pole gewährleistet, wenn die Position des geformten Stromleiters mit einem entsprechend genauen Meßsystem eingestellt wurde. Das gilt auch noch für den Fall, daß sich der geformte Stromleiter in einem Abstand über der Maßstabsoberfläche befindet, um Fehler durch Reibungskräfte zu vermeiden.

Bei größerem Abstand der beiden Teile des haarnadelförmigen geformten Stromleiters ist es vorteilhaft, einen rechteckigen Querschnitt zu wählen, in dem zwei oder mehr runde Drähte angeordnet sind. Dadurch wird eine höhere magnetische Feldstärke und eine bessere Homogenität des Magnetfeldes unterhalb der Fläche des haarnadelförmigen Stromleiters erreicht, ohne daß der Feldgradient unter dem Leiterquerschnitt damit verringert wird.

Ist die Spurbreite des Maßstabes nur wenig größer als die Pollänge, wird ein rechteckig geformter Stromleiter eingesetzt. Auch hier kann bei zwei oder mehr Drähten in einem rechtek-



kigen Querschnitt wieder eine vorteilhafte hohe Magnetfeldstärke und eine gute Feldhomogenität bei hohem Feldgradienten unter der Mitte des Leiterquerschnitts realisiert werden.

Zum Schreiben von Maßstäben, deren Magnetisierung parallel zur Maßstabsoberfläche verlaufen muß, werden geformte Stromleiter mit einem bandförmigen Querschnitt verwendet, wobei die Banddicke so gering wie möglich gewählt ist, damit der gesamte Strom in geringster Entfernung zur Maßstabsoberfläche konzentriert ist und hohe Magnetfeldstärken erzeugt. Die Breite des Querschnitts ist der Länge der zu magnetisierenden Bereiche angepaßt, so daß die Magnetisierung des Bereiches mit einem Stromimpuls erfolgt. Der geformte Stromleiter kann auch aus einer Anzahl von unmittelbar nebeneinander liegenden Drähten bestehen, die dann gemeinsam den bandförmigen Querschnitt ausfüllen und von parallelen Strömen durchflossen werden. Es ist vorteilhaft, die Dicke des Querschnittes an beiden Rändern des Bandes größer zu wählen als im mittleren Teil, oder am Rande Drähte mit größerem Durchmesser zu verwenden, da dadurch eine homogenere Feldverteilung im zu magnetisierenden Bereich vorhanden ist und die Magnetfeldstärke am Rand dieses Bereiches steiler abfällt.

Unabhängig von der speziellen Form ist der geformte Stromleiter immer in einer Halterung fixiert, so daß die während des Stromimpulses auftretenden Kräfte weder an seiner Form noch an seiner Position gegenüber dem Maßstab etwas ändern können. Die Halterung mit dem geformten Stromleiter ist auswechselbar, so daß stets der für das Schreiben des jeweiligen Maßstabes optimal geformte Stromleiter eingesetzt werden kann.

Der Umschalter der Impulsstromquelle hat die Form einer H-Brücke. Damit können aus der Kondensatorenbatterie Stromimpulse entgegengesetzter Richtung mit gleicher Amplitude und gleichem Zeitverlauf in den geformten Stromleiter geschickt werden, was die Voraussetzung dafür ist, daß die Pollängen der entgegengesetzten Magnetisierungsrichtung bei einem periodischen Maßstab auch mit hoher Genauigkeit übereinstimmen. Als Schalter in der H-Brücke werden bevorzugt MOS-Transistoren eingesetzt, wobei alle Schalter aus einer gleich großen Anzahl von parallel geschalteten MOS-Transistoren bestehen sollen. So wird eine genügend große Gesamtstromstärke erreicht und der Widerstand der parallelen MOS-Transistoren im Stromkreis ist nicht strombegrenzend. Wichtig ist, daß der kompakte Aufbau der Anordnung zu so geringen Induktivitäten im Stromkreis führt, daß der Strom durch den geformten Stromleiter in einigen Zehnteln einer Mikrosekunde auf seinen Maximalwert ansteigt. So können durch ein Signal aus der Steuereinheit die MOS-Transistoren wenige Mikrosekunden nach Beginn des Stromimpulses wieder gesperrt werden, denn diese Zeitdauer ist zur Magnetisierung ausreichend. Diese im Vergleich mit dem Stand der Technik sehr geringe Impulsdauer führt zu mehreren Vorteilen der erfindungsgemäßen Anordnung. Ein Vorteil besteht darin, daß in der kurzen Impulszeit die Spannung an der Kondensatorenbatterie nur um einem geringen Betrag abfällt. So können kostengünstige Elektrolytkondensatoren

eingesetzt werden, die eine hohe Kapazität pro Volumen aufweisen und so den kompakten Aufbau der gesamten Anordnung und deren geringe Ausdehnung unterstützen. Ein weiterer Vorteil ist, daß die geringe durch den Impulsstrom entnommene Ladung der Kondensatorbatterie in den Impulspausen durch einen geringen Strom wieder zugeführt werden kann und so nur eine geringe Leistung zur Versorgung der Anordnung aufzubringen ist. Weiter läßt die kurze Impulszeit eine hohe Folgefrequenz zu, so daß hohe Schreibgeschwindigkeiten erreicht werden, die eher durch das Verfahren der Positionierung der Anordnung gegenüber dem Maßstab begrenzt werden als durch die mögliche Impulsfolgefrequenz. Durch die kurze Impulszeit wird im geformten Stromleiter nur eine geringe elektrische Leistung in Wärme umgesetzt. So können für den Stromleiter geringe Querschnitte verwendet werden, ohne daß eine thermische Zerstörung zu befürchten ist. Durch die geringen Querschnitte werden im Bereich des Maßstabes höhere Magnetfelder ermöglicht, da der Abstand der Ströme zur Maßstabsoberfläche sehr gering gehalten werden kann.

Die Impulsstromquelle befindet sich erfindungsgemäß in einer Abschirmung aus gut leitendem Metall. Das einzige nicht abgeschirmte Teil ist die Halterung mit dem geformten Stromleiter, auf der die Zuleitungen für Stromzufluß und -abfluß jedoch unmittelbar nebeneinander geführt sind. Damit wird die Umgebung der Anordnung trotz der hohen Stromstärken von störenden oder gesundheitsgefährdenden elektromagnetischen Feldern freigehalten.

Die erfindungsgemäßen Anordnungen sind zum Schreiben magnetischer Maßstäbe mit in Meßrichtung periodisch abwechselnder Magnetisierungsrichtung und magnetischer Maßstäbe mit Magnetisierungsbereichen, deren Längen einem Code zugeordnet sind, vorgesehen. Bei der Verwendung ist die Positionierung des geformten Stromleiters berührungsfrei über der Oberfläche des Maßstabes beabsichtigt, damit eine zu Positionsfehlern führende Reibung zwischen dem geformten Stromleiter und der Maßstabsoberfläche ausgeschlossen wird.

Die Erfindung wird nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen ist folgendes dargestellt::

Fig. 1: Übersicht der erfindungsgemäßen Anordnung

Fig. 2: Geformter Stromleiter mit Halterung

Fig. 3: Haarnadelförmiger Stromleiter

Fig. 4: Querschnitte des haarnadelförmigen Stromleiters

Fig. 5: Bandförmiger Stromleiter mit Halterung

Fig. 6: Bandförmiger Stromleiter

Fig. 7: Querschnitte des bandförmigen Stromleiters

Fig. 8: Magnetfeldverlauf.

Eine Übersicht über eine gesamte erfindungsgemäße Anordnung zum Schreiben magnetischer Maßstäbe zeigt Fig. 1. Sie besteht aus einem geformten Stromleiter 1, der sich beim

Schreiben nahe der Oberfläche des Maßstabes befindet. In einer Impulsstromquelle 2 geformte Stromimpulse werden in den geformten Stromleiter eingespeist und erzeugen in seiner Nähe Magnetfeldstärken, die zur Magnetisierung des Maßstabsmaterials ausreichend sind. Die Impulsstromquelle 2 besteht aus einer Kondensatorenbatterie 3, einem Umschalter 4 und einer Steuereinheit 5. Der Aufbau der Anordnung ist so ausgeführt, daß sich zwischen Kondensatorenbatterie 3 und geformtem Stromleiter 1 eine minimale Leitungslänge mit möglichst hohem Leitungsquerschnitt befindet. Damit ist eine sehr niederohmige Verbindung als Voraussetzung hoher Stromstärken bei niedriger Betriebsspannung der Kondensatorbatterie 3 gewährleistet. Die Betriebsspannung wird über die Anschlußkontakte 8 zugeführt. Die Versorgungsspannung und die Eingangsdatenleitung für die Steuereinheit 5 erfolgt über die Anschlußkontakte 9.

Der Umschalter 4 hat die Form einer H-Brücke. Es sind vier Schalter 7 vorhanden, die jeweils aus gleich vielen parallel geschalteten MOS-Transistoren bestehen. Damit ist eine ausreichende Stromtragbarkeit und ein genügend geringer Widerstand der Schalter 7 gewährleistet. Der besondere Vorteil des Einsatzes von MOS-Transistoren gegenüber den bisher verwendeten Thyristoren oder Ignitrons besteht darin, daß sie jederzeit durch Impulse aus der Steuereinheit 5 aus dem leitenden wieder in den gesperrten Zustand geschaltet werden können. Damit kann die Impulsdauer auf wenige Mikrosekunden begrenzt werden. Diese Zeitdauer ist zur Magnetisierung des Maßstabsmaterials in jedem Fall ausreichend. Eine längere Impulsdauer bringt wegen der mit der Zeit abnehmenden Stromstärke des Impulses keinerlei positiven Effekt für die Magnetisierung. Wegen der kurzen Impulszeit wird die Kondensatorbatterie 3 bei jedem einzelnen Impuls nur zu einem geringen Teil entladen. Deshalb ist die Kondensatorenbatterie 3 aus parallel geschalteten Elektrolytkondensatoren 6 aufgebaut. Als Betriebsspannung sind Spannungen im Niederspannungsbereich von weniger als 60 V ausreichend. Wegen dieser geringen Spannung und der Verwendbarkeit von Elkos 6 ist das für die erforderliche Kapazität benötigte Volumen besonders gering, was der Niederohmigkeit des Stromkreises entgegenkommt. Da nur eine Teilentladung der Kondensatorbatterie 3 von etwa 5% erfolgt, ist der Betriebsstrom entsprechend gering und kann unter 500 mA liegen. Weiter ist die thermische Belastung des geformten Stromleiters wegen der geringen Impulsdauer gering, so daß hier geringe Querschnitte verwendbar sind, die zu hohen Magnetfeldstärken im Bereich des Maßstabsmaterials führen. Schließlich werden durch die kurze Impulsdauer hohe Impulsfolgefrequenzen von etwa  $50 \text{ s}^{-1}$  möglich, die die Wirtschaftlichkeit des Schreibverfahrens erhöhen. Die gesamte Impulsstromquelle 2 befindet sich in einer Metallabschirmung 10, so daß trotz der hohen Ströme und der kurzen Schaltzeiten keine gesundheitsgefährdenden elektromagnetischen Felder austreten.

Der geformte Stromleiter 1 ist in Form und Abmessungen an das zu schreibende Magnetmuster des Maßstabes angepaßt. Fig.2 zeigt einen haarnadelförmigen Stromleiter 11 mit den

M

Zuleitungen 12 auf einer Halterung 13. Der haarnadelförmige Stromleiter 11 ist in die Halterung 13 eingelassen und fest verklebt. Die Zuleitungen 12 sind ebenfalls fest mit der Halterung 13 verbunden und befinden sich unmittelbar nebeneinander. Damit ist eine durch den Stromimpuls bedingte Positionsveränderung des haarnadelförmigen Stromleiters 11 gegenüber dem Maßstab ausgeschlossen. Durch den geringen Abstand der beiden Zuleitungen 12 ist trotz der Lage der Halterung 13 außerhalb der Abschirmung 10 kein wesentliches elektromagnetisches Streufeld vorhanden.

Eine vergrößerte Darstellung des haarnadelförmigen Stromleiters 11 zeigt Fig. 3. Der rechteckige Querschnitt 17 des Stromleiters 11 hat die linearen Abmessungen 15 und 16. Entsprechend Fig. 4 kann dieser Querschnitt 17 von einem kreisrunden Leiterquerschnitt 17.1, von zwei kreisrunden Leiterquerschnitten 17.2 oder von vier kreisrunden Leiterquerschnitten 17.3 eingenommen werden. Sind mehrere Leiterquerschnitte vorhanden, werden sie von Strömen gleicher Richtung durchflossen. Das ist durch Reihenschaltung der einzelnen haarnadelförmigen Stromleiter möglich. Die Zeichnung mit dem Querschnitt 17.2 entspricht beispielsweise dem geformten Stromleiter 1 in Fig. 1.

Der Abstand 14 der beiden Querschnitte 17 des haarnadelförmigen Stromleiters 11 ist wesentlich größer als die Abmessungen 15, 16 des Querschnitts 17. Für einen Abstand 14 von 1 mm und einen Drahtdurchmesser von 0,3 mm ist in Fig. 8 die Feldstärke der senkrecht auf der Ebene des haarnadelförmigen Stromleiters 11 stehenden Feldkomponente für verschiedene Abstände 24 bei einem Strom von 2200 A über dem Abstand von der Mitte des haarnadelförmigen Stromleiters 11 dargestellt. Die Kurven 21; 22 und 23 sind für Abstände 24 von 0,05 mm, 0,2 mm und 0,4 mm gültig. Besonders für kleinere Abstände 24 ist etwa im Bereich über den Mittelpunkten der Leiterquerschnitte ein sehr starker Abfall der Feldstärke festzustellen. Es ist sogar ein Vorzeichenwechsel vorhanden. Die Kurven für die unterschiedlichen Abstände 24 schneiden sich etwa in einem Punkt, der bei einer Feldstärke von  $2,5 \cdot 10^5$  A/m liegt. Befindet sich nun ein Maßstab aus plastgebundenem Ferrit, der eine Koerzitivfeldstärke hat, die dem genannten Wert entspricht, mit seiner Oberfläche parallel über dem haarnadelförmigen Stromleiter, so wird seine Magnetisierung über einer Länge, die dem Abstand 14 entspricht, in senkrechter Richtung nach oben eingestellt, und zwar bis zu einer Tiefe von etwa 0,5 mm. Neben dem Abstand 14 ist die Magnetfeldstärke im oberflächennahen Bereich des Maßstabes mit einer Breite von weniger als 1 mm groß genug, um hier die Magnetisierung in die entgegengesetzte Richtung einzustellen. Zur Magnetisierung des nächsten Abschnittes des Maßstabes, der nach seiner Fertigstellung periodisch in abwechselnder Richtung magnetisiert sein soll, wird die Position der Anordnung mit dem haarnadelförmigen Stromleiter 11 unter Benutzung einer präzisen Meßanordnung genau um 1 mm seitwärts nach rechts verschoben. Die Richtung des dann folgenden Stromimpulses und damit auch die des Magnetfeldes ist der des ersten entgegengesetzt. Der nächste Abschnitt

des Maßstabes wird also senkrecht nach unten magnetisiert. Die oberflächennahen Bereiche dieses Abschnittes waren schon beim ersten Impuls in diese Richtung magnetisiert, so daß eine Richtungsumkehr der schon vorhandenen Magnetisierung nicht erfolgen muß. Auch im oberflächennahen Bereich des ersten magnetisierten Abschnittes tritt noch einmal eine Feldstärke auf, die die Koerzitivfeldstärke des Materials übersteigt. Sie stimmt aber mit der Richtung der dort eingeschriebenen Magnetisierung überein. Es ist also keinerlei Ummagnetisierung erforderlich. Damit sind die Längen der magnetisierten Bereiche und auch deren Magnetisierungswert bei Anwendung eines hochgenauen Positionsmeßverfahrens für die Einstellung der Position zwischen Maßstab und geformtem Stromleiter 11 mit hoher Genauigkeit reproduzierbar.

Die in Fig. 4 gezeigten Querschnitte 17.2 und 17.3 für den haarnadelförmigen Stromleiter 11 sind vorteilhaft, wenn größere Abstände 14 zwischen der Hin- und Rückleitung liegen. Durch sie wird ein Absinken der Feldstärken auf zu geringe Werte in der Mitte zwischen der Hin- und Rückleitung vermieden.

Zum Schreiben von Maßstäben, deren Magnetisierung parallel zur Oberfläche des Maßstabes einzustellen ist, erweisen sich die in den Fig. 5, Fig. 6 und fig. 7 dargestellten geformten Stromleiter als vorteilhaft. Fig. 5 zeigt auf einer Halterung 13 fixiert die Zuleitung 12 und den geformten Stromleiter 18. Fig. 6 verdeutlicht, daß dieser geformte Stromleiter bandförmig ist, wobei die Breite 19 wesentlich größer als die Dicke ist. Unterschiedliche Möglichkeiten zur Realisierung des Querschnitts des bandförmigen Stromleiters 18 bietet Fig. 7. Die Dickenverteilung 20.1 und 20.3 sorgt für eine gleichmäßige Feldstärke der parallel zum Band zeigenden Feldkomponente unter dem Band über den größten Teil der Breite 19. Eine gleichmäßige Feldstärke der genannten Komponente unter dem Stromleiter bis zum Rand und ein starker Gradient direkt neben dem Rand wird mit dem Querschnitt 20.2 und dem Querschnitt 20.4 für den Fall, daß der Drahtdurchmesser größer als die Dicke des zwischen den beiden Drähten befindlichen Bandes ist, erreicht. Damit ist die Magnetisierung von Maßstabsabschnitten mit hoher Genauigkeit möglich.

Eine entsprechend den Merkmalen der Erfindung aufgebaute Anordnung zum Schreiben magnetischer Maßstäbe mit dem Impulsverfahren hat verglichen mit dem Stand der Technik nur etwa 1/100 der Masse und des Volumens, die elektrische Anschlußleistung ist auf 1/100 reduziert, die Impulsfolgefrequenz und damit die Effektivität beim Schreiben von Maßstäben ist um einen Faktor 100 gestiegen und die Genauigkeit der erhaltenen Maßstäbe wurde um mehr als das Zehnfache verbessert. Dazu entfallen bei der neuen Anordnung Gesundheitschutzmaßnahmen.

## Anordnung zum Schreiben von magnetischen Maßstäben

### Liste der Bezugszeichen

- 1 Geformter Stromleiter
- 2 Impulsstromquelle
- 3 Kondensatorenbatterie
- 4 Umschalter
- 5 ~~Steuereinheit~~
- 6 Kondensator
- 7 Schalter
- 8 Anschluß Betriebsspannung
- 9 Anschluß Steuereinheit
- 10 Abschirmung
- 11 Haarnadelförmiger Stromleiter
- 12 Zuleitung
- 13 Halterung
- 14 Abstand
- 15 Abmessung des Querschnitts
- 16 Abmessung des Querschnitts
- 17 Querschnitt
  - 17.1 Runder Querschnitt
  - 17.2 Rechteckiger Querschnitt mit zwei runden Leitern
  - 17.3 Rechteckiger Querschnitt mit vier runden Leitern
- 18 Bandleiter
  - 19 Breite des Bandleiters
    - 20.1 Dicke des Bandleiters
    - 20.2 Dickenverteilung des Bandleiters
    - 20.3 Dicke eines zusammengesetzten Bandleiters
    - 20.4 Dicke eines zusammengesetzten Bandleiters
- 21 Feldverlauf in 0,05 mm Abstand
- 22 Feldverlauf in 0,2 mm Abstand
- 23 Feldverlauf in 0,4 mm Abstand
- 24 Abstand vom geformten Stromleiter

## Patentansprüche

1. Anordnung zum Schreiben von magnetischen Maßstäben, die aus einem geformten Stromleiter (1) zur Magnetfelderzeugung am Ort des Maßstabes und einer aus einer Kondensatorenbatterie (3), einem Umschalter (4) und einer Steuereinheit (5) zusammengesetzten Impulsstromquelle (2) für beide Stromrichtungen besteht, dadurch gekennzeichnet, daß alle Komponenten in einer kompakten Einheit integriert sind.

---

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch den kompakten Aufbau der Stromweg zwischen Kondensatorbatterie (3) und geformten Stromleiter (1) kurz und niederohmig ist und daß die Betriebsspannung der Anordnung im Niederspannungsbereich liegt.
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß nur der geformte Stromleiter (1) zur Magnetfelderzeugung am Ort des Maßstabes einen geringen Leitungsquerschnitt besitzt und alle Zuleitungen (12) von der Kondensatorbatterie (3) bis unmittelbar zum geformten Stromleiter (1) große Leitungsquerschnitte aufweisen.
4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen des geformten Stromleiters (1) an die Größe der zu schreibenden Magnetisierungsbereiche angepaßt sind.
5. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) haarnadelförmig ist und einen Querschnitt (17) hat, dessen Abmessungen wesentlich kleiner sind als der Abstand (14) der Hin- und Rückleitung.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt (17) ein Kreis (17.1) ist.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreisdurchmesser 0,3 mm und der Mittenabstand (14) der Hin- und Rückleitung 1 mm beträgt.
8. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt (17) rechteckig ist und daß dieser rechteckige Querschnitt (17) von zwei oder mehr runden Drähten (17.1, 17.2) eingenommen wird, wobei die einzelnen haarnadelförmigen Drähte elektrisch in Reihe geschaltet sind.

- ms
9. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) aus einem Rechteck besteht und einen Querschnitt hat, dessen Abmessungen wesentlich kleiner als Länge und Breite des Rechtecks sind.
  10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt ein Kreis ist.
  11. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß Querschnitt rechteckig ist und daß dieser rechteckige Querschnitt von zwei oder mehr runden Drähten eingenommen wird, wobei die einzelnen rechteckigen Drähte elektrisch in Reihe geschaltet sind.
  12. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) aus einem Bandleiter (18) besteht, dessen Breite (19) wesentlich größer ist als seine Dicke (20.1).
  13. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) aus einem Bandleiter besteht, dessen Breite wesentlich größer ist als seine Dicke (20.2), wobei die Dicke (20.2) an beiden Rändern größer ist als in der Mitte
  14. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) aus einer Anzahl von unmittelbar nebeneinander liegenden Drähten (20.3) besteht.
  15. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) aus einem Bandleiter und zwei unmittelbar symmetrisch neben dem Bandleiter befindlichen Drähten besteht und die drei Bestandteile (20.4) elektrisch in Reihe geschaltet sind.
  16. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) in einer Halterung (13) fixiert ist.
  17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) mit seiner Halterung (13) auswechselbar ist.
  18. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Umschalter (4) die Form einer H-Brücke hat.
  19. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalter (7) in der H-Brücke MOS-Transistoren sind.



20. Anordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Schalter (7) aus mehreren parallel geschalteten MOS-Transistoren besteht.
21. Anordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalter (7) nach kurzer Impulszeit von wenigen Mikrosekunden durch die Steuereinheit (5) schließbar sind.
- 
22. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kondensatorbatterie (3) aus Elkos (6) besteht.
23. Anordnung nach Anspruch 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladung der Kondensatorbatterie (3) pro Einzelimpuls nur um einen geringen Anteil vermindert wird.
24. Anordnung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der geringe Anteil 5% beträgt.
25. Anordnung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß eine hohe Stromimpulsfolgefrequenz einstellbar ist.
26. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromimpulsfolgefrequenz maximal  $50 \text{ s}^{-1}$  beträgt.
27. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Versorgungsstrom der Anordnung bei Impulsströmen von 2000 A unter 500 mA liegt.
28. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Impulsstromquelle (2) in einer Abschirmung (10) befindet.
29. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steifheit der mechanischen Konstruktion so hoch ist, daß durch die Kräfte des Impulsstromes keine Dejustierung der Position des geformten Stromleiters (1) gegenüber dem Maßstab gegeben ist.
30. Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß Maßstäbe mit in Meßrichtung periodischer Magnetisierung hergestellt werden.

31. Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß Maßstäbe mit Magnetisierungsbereichen einem Code zugeordneter Länge hergestellt werden.

32. Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der geformte Stromleiter (1) berührungsfrei über dem Maßstab geführt wird.

---

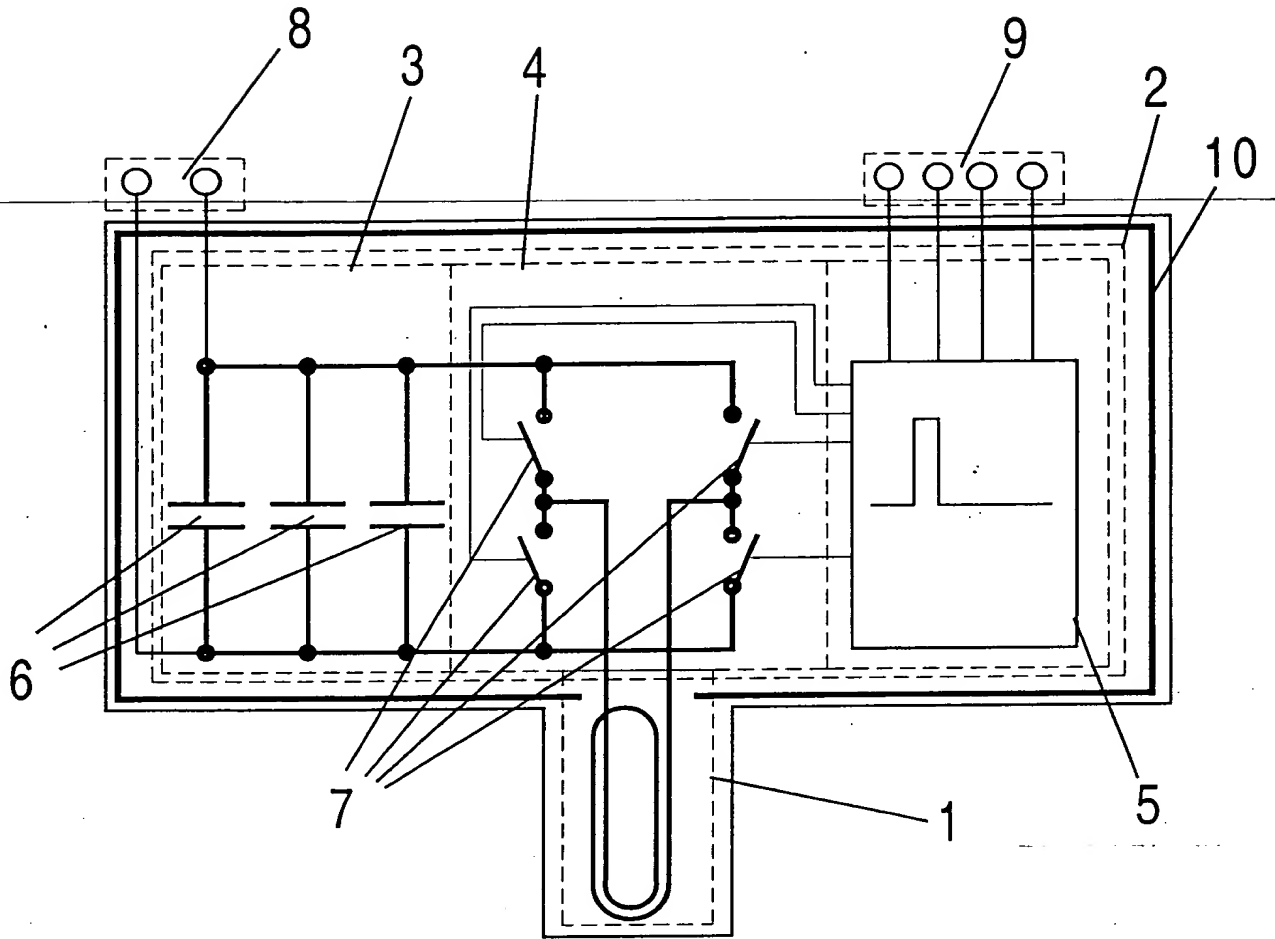


Fig. 1

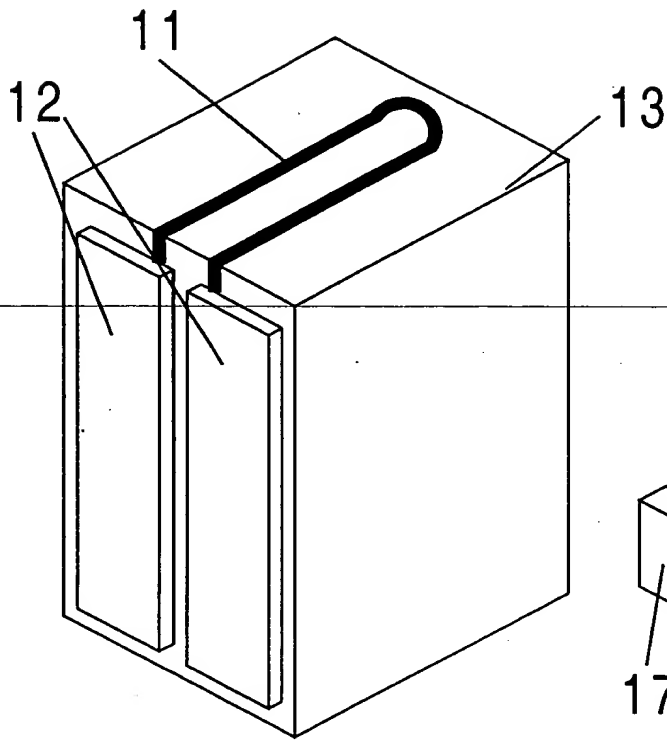


Fig. 2

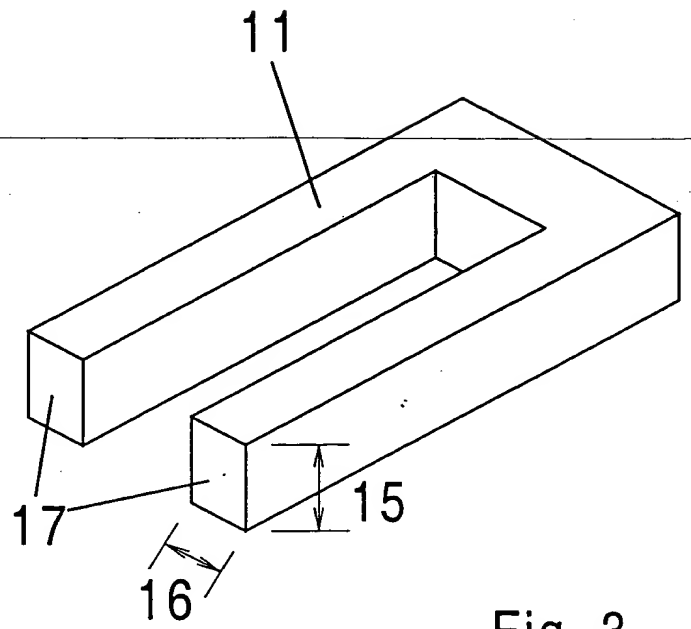


Fig. 3

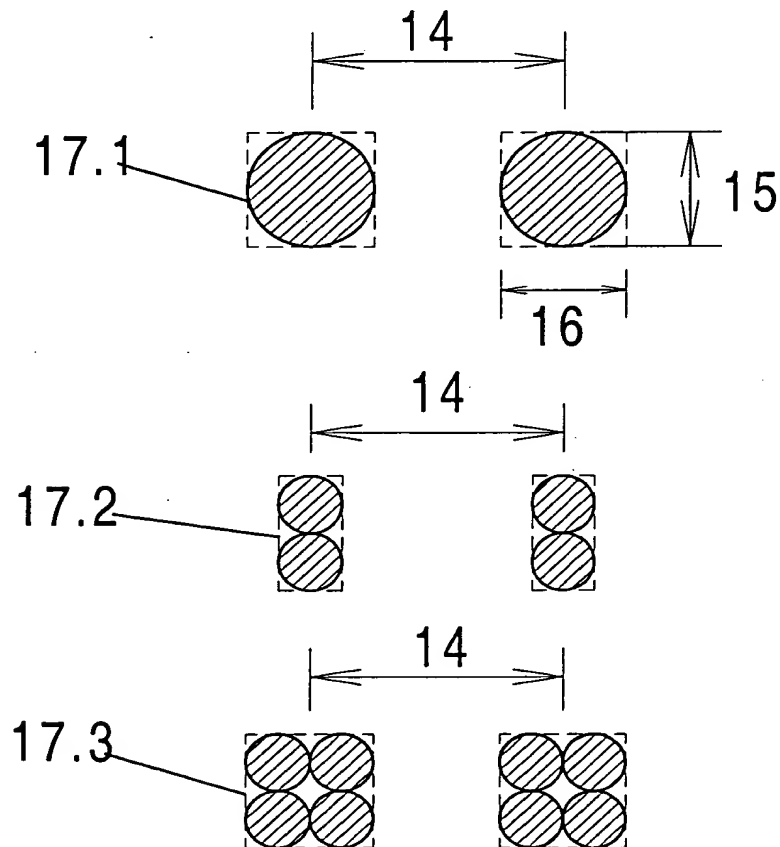


Fig. 4

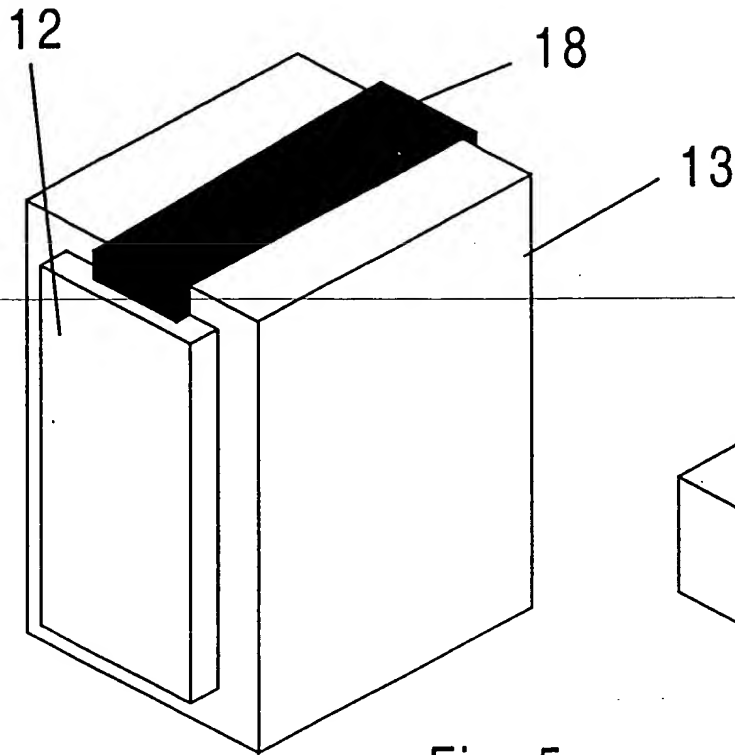


Fig. 5

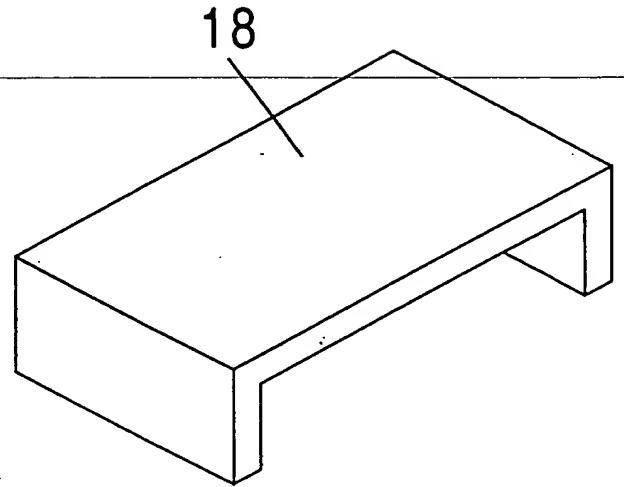


Fig. 6

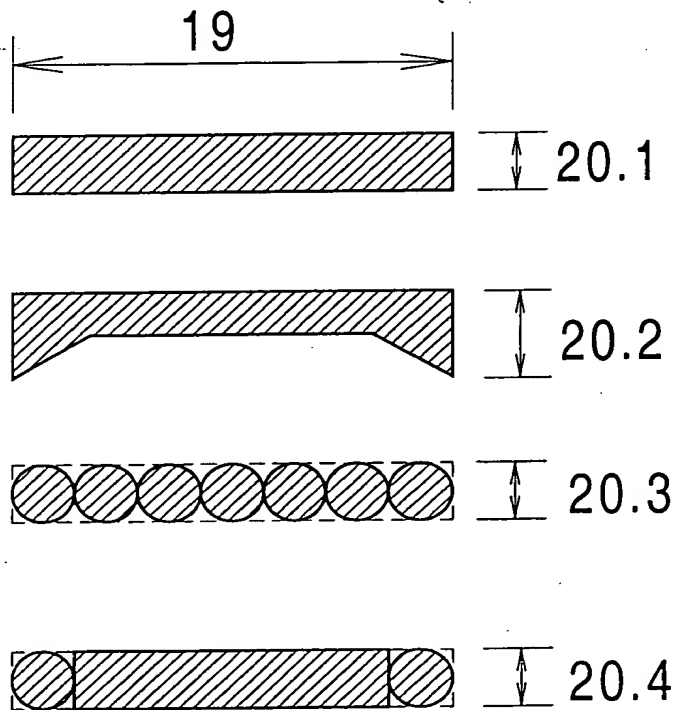


Fig. 7

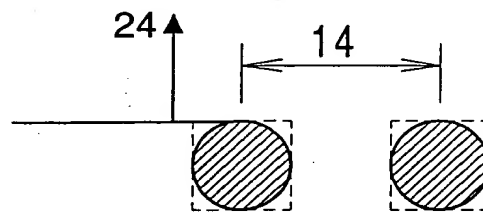
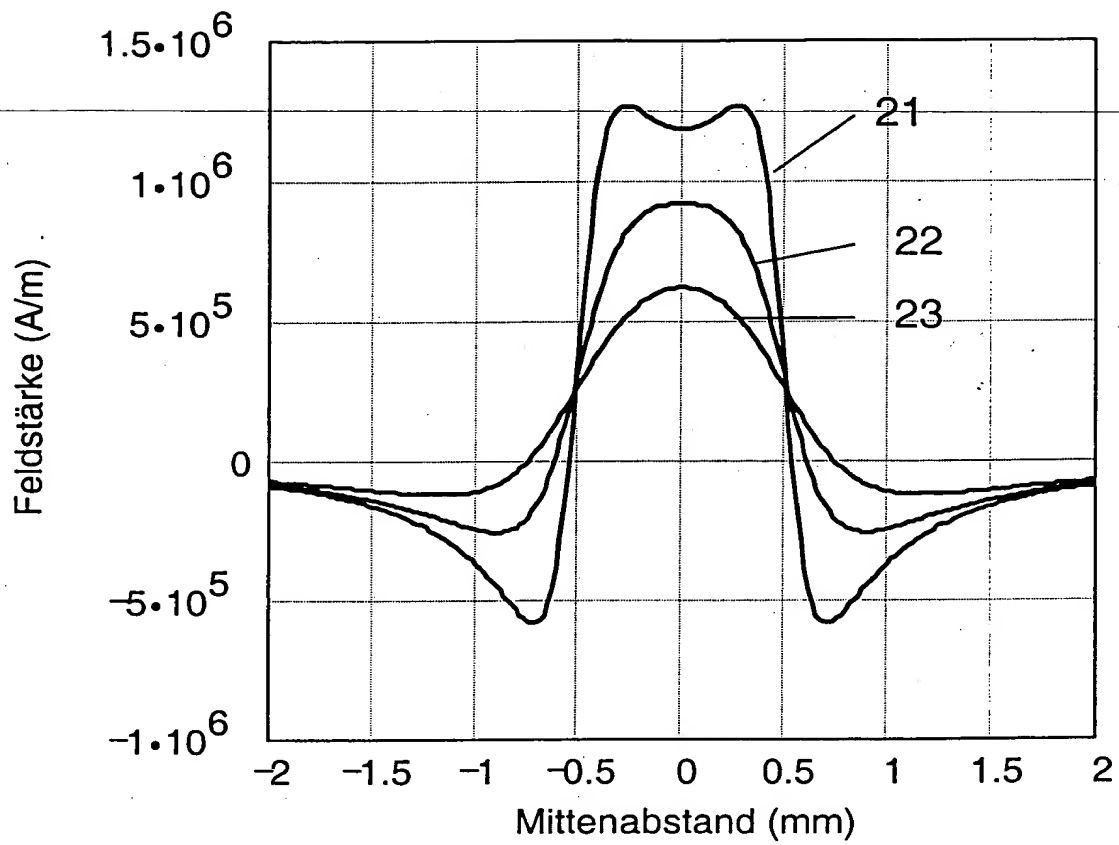


Fig. 8